

AI 人工智能调节器在恒压供水中的应用

陈 伟

(厦门大学自动化系, 福建 厦门 361005)

摘要:介绍由 AI 人工智能调节器和 PLC 等组成的变频调速恒压供水系统, 阐述了该系统的实现方案及线路原理。由于 AI 仪表的自学习的模糊控制算法, 使系统具有结构简单、运行稳定、性能指标高等优点。

关键词:供水; 变频; AI 智能调节器

中图分类号: TP214 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-1841(2004)04-0047-02

Application of AI Intelligent Instruments in Water Supply System

CHEN Wei

(Automation Department, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: Introduced a constant pressure water supply system by AI intelligent instruments and PLC. The working principle and realization presented. As the AI instruments provide self-learning fuzzy control arithmetic, the system has simple configuration and high stability.

Key Words: Water Supply; Frequency Conversion; AI Intelligent Instruments

1 引言

恒压供水在工业和民用供水系统中已普遍使用, 由于系统的负荷变化的不确定性, 采用传统的 PID 算法实现压力控制的动态特性指标很难收到理想效果。在恒压供水自动化控制系统的设计初期曾采用多种进口的调节器, 系统的动态特性指标总是不稳定, 通过实际应用中的对比发现, 应用模糊控制理论形成的控制方案在恒压系统中有较好的效果。在实施过程中选用了 AI-808 人工智能调节器作为主控制器, 结合 FXIN PLC 逻辑控制功能很好地实现了水厂的全自动恒压供水。对于单独采用 PLC 实现压力和逻辑控制方案, 由于 PLC 运算能力不足, 编写一个完善的模糊控制算法比较困难, 而且参数的调整也比较麻烦, 所以所提出的方案具有较高的性价比。

2 工作原理

图 1 为供水系统的原理框图。

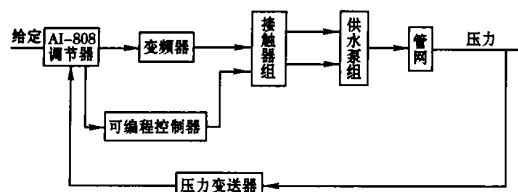


图 1 供水系统的原理框图

系统主要由 AI-808 人工智能调节器、变频器、控制接触器组、水泵、阀门、压力变送器等组成。由于水泵功率较大, 为节约成本, 只用 1 台变频器, 3 台水泵的其中 2 台可以采用变频调速, 这样在某 1 台故障或维护时可以切换到另 1 台进行变频控制。

压力传感器检测出水总管压力, 经变送器送至 AI-808 仪表, 与设定值比较得到压力误差和误差变化率, 经 AI-808 特有的模糊、PID 相结合的控制算法运算后, 将输出控制信号 (4~20 mA) 送到变频器控制端。通过调节频率从而使出水管压

达到要求指标。当用户用水量增加时, 在一台水泵变频达到 50 Hz 仍不能满足供水压力要求, PLC 将检测到 AI-808 调节器的压力低信号, 按其逻辑及工艺要求, 加入另 1 台水泵工频运行; 同样, 在用户用水量下降, 当变频水泵的频率下调至出水临界频率仍不能使水压下降, PLC 通过收到 AI-808 调节器的水压高信号后, 将其中 1 台工频水泵退出运行。

系统运行时, 变频器是固定控制某一台水泵, 不实施多台水泵切换的方法。这样可以避免频繁切换对系统及变频器造成的冲击, 并具有较高的可靠性。同时也考虑到灵活性及检修等方面, 系统可采用手动方式选择 2 台水泵中的 1 台变频运行, 也可以减少某 1 台水泵长期低频运行所造成的损耗。

3 控制算法

工业过程中常用的 PID 控制器适用于线性定常系统, 而供水系统的对象时常含有非线性、时变环节, 而且有些参数未知或缓慢变化, 因此单独采用 PID 控制较难达到理想的控制效果, AI 人工智能调节器采用模糊控制和改进 PID 相结合的双模控制算法, 如图 2 所示。

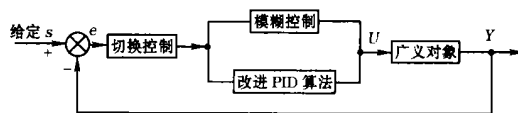


图 2 控制算法框图

当控制开始时, 误差 $e = Y - s$ 较大, 即偏差 $|e| > E_M$ 时 (E_M 为双模控制算法 e 的边界值), 系统采用模糊控制算法, 具有较好的动态性能。在误差逐渐减小, 即偏差 $|e| < E_M$ 时, 采用改进 PID 控制算法, 消除积分饱和现象, 使系统静态性能达到最佳。

将误差 e 和误差变化率 c 整量化及模糊化后, 采用带修正因子的模糊控制规则:

$$P = [e + (1 + \lambda)c]$$

式中: P 为控制量 U 的整量化值; λ 为修正因子, 介于 0, 1 之间的数。

收稿日期: 2004-01-20

改变 的值可以改变双模算法的模糊控制规则,从而改变系统的动态品质。AI 调节器在调节过程中具有自学习、自调整功能。

改进型 PID 算法采用抗积分饱和及不完全微分方式。其传函形式为

$$W(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + \frac{1 + T_D s}{1 + \frac{T_D}{K_D} s} \right)$$

式中: K_D 为微分增益,在阶跃作用下,PD 输出初始值和最终值之比;为限制微分突变作用太强, K_D 取值不宜过大,一般取 5 ~ 10。

在调试过程中,在定值变化时控制系统调节过程如图 3。在通过调节阀门反映负荷变化时其调节过程如图 4 所示。

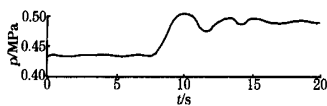


图 3 改变定值时动态过程

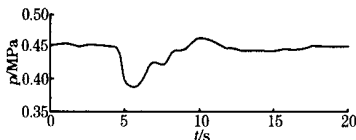


图 4 改变负荷时动态过程

4 设备选型及功能

4.1 AI-808 人工智能工业调节器

AI-808 人工智能调节器具有模糊逻辑 PID 调节及参数自整定功能的先进控制算法。在误差大时,运用模糊算法进行调节,以消除 PID 饱和和积分现象;当误差减小时,采用改进后的 PID 算法进行调节,并能在调节中自动学习和记忆被控对象的部分特征以使效果最优化。其具有无超调、高精度、参数确定简单,对复杂对象也能获得较好控制效果等特点。其整体调节效果比一般的 PID 算法更明显。这一点在系统调试中得到验证,起初选用日本生产的单纯 PID 调节器,在用水量变化和水泵投退过程中,其超调量和稳定时间均不理想,在改用 AI-808 智能仪表后,其动态、静态指标均满足了要求。

4.2 可编程控制器

选用 FX1N 系列可编程控制器,输出为继电器类型。由于 PLC 只完成水泵自动切换等逻辑功能,所以不需要模拟量输入输出模块,从而节省了投资,系统的压力闭环控制由 AI-808 人工智能仪表完成,其算法的优越性远高于 PLC 内部较为简单的 PID 算法。

4.3 变频器

采用艾默生 TD2000-4T2000P 型变频器,适用于水泵型负载。可通过手动电位计或 AI-808 调节器输出的电流信号来控制频率。这二种模式的切换由操作台手动/自动开关来实现。将变频器多功能端子定义为电位计-电流信号控制模式。

4.4 控制台

系统控制台设计兼顾了手动和自动 2 种操作方式。手动状态下,每一台水泵和阀门都可以单独开启/停止,变频器频率可通过多圈电位计手动调节;在自动模式下,通过选择开关确

定要投入运行的水泵,这样在某台水泵维修时,可以让其退出自动运行的行列,而不影响系统的正常运行。控制台除了 PLC、AI-808 调节器外,还设有水位显示仪、分管压力显示仪、频率表。

5 参数设置

AI-808 调节器提供丰富的用户设置方式,使其对不同的控制均能达到满意的控制效果。参数设置决定系统的静态和动态性能,该系统的参数设置如下:给定值:0.43 ~ 0.47 MPa

HIAL: 上限报警,不用。

LOAL: 下限报警,不用。

dHAL: 正偏差报警,系统用于控制水泵的切换, $dHAL = 0.05$ 。

dLAL: 负偏差报警,系统用于控制水泵的切换, $dLAL = 0.05$ 。

Df: 回差(死区、滞环),用于避免因测量输入值波动而产生频繁调节作用,在回差范围内位式调节不起作用, $Df = 0.05$ 。

Ctrl: 控制方式,采用 AI 人工智能调节/PID 调节, $Ctrl = 1$ 。

M5: 保持参数,主要决定调节算法中的积分作用,和 PID 积分时间类似, $M5$ 越小,系统积分作用越强。 $M5 = 0$ 时取消积分和 AI 人工智能调节,成为 PD 调节器,系统值 = 25。

P: 速率参数,与每秒内仪表输出变化 100 % 时测量值对应变化大小成正比, $P = 1000 / \text{每秒测量值的升高单位值}$ (系统以 0.1 定义为一个单位), $P = 5$ 。

t: 滞后时间, t 越小,则比例和积分作用均成正比增强,而微分作用相对减弱,但整体反馈作用增强;反之, t 越大,则比例和积分作用均减弱,而微分作用相对增强, $t = 4$ 。

Ctl: 输出周期,反映仪表运算调节的快慢, $Ctl = 2$ 。

Sn: 输入反馈信号类型, $Sn = 33$, 信号为 1 ~ 5 V。

6 结论

系统采用 AI-808 人工智能调节器和 FX1N PLC 相结合的变频调速恒压供水方案已在现场运行多年,情况表明:

(1) 用 AI 人工智能调节器,采用模糊控制和 PID 结合的控制方案,发挥了 2 种控制器的优点,达到了较好的动态和稳态指标,对系统压力调节具有恢复时间快、超调小等优点。其自整定功能为用户提供了一种方便快捷的参数设置方法,系统压力稳态误差在 ± 0.01 MPa。

(2) 电机功率为 180 kW,采用单台变频切换的方式有利于降低系统造价。

(3) 变频调速系统使水泵电机在软起动下运行,无冲击电流、使用寿命长,同时具有良好的节能效果。

参考文献

- [1] 李全. 模糊理论在恒压供水系统中的应用. 西安矿业学院学报, 1997(3): 261 - 265.
- [2] 徐强. 全自动恒压供水系统设计. 西北轻工业学院学报, 1997(4): 74 - 78.
- [3] 王学慧. 微机模糊控制理论及其应用. 北京: 电子工业出版社, 1987.
- [4] 周宇. AI 人工智能工业调节器使用说明书 (V4.0). 厦门: 厦门宇光电子技术有限公司, 1998.